



全国高等职业教育规划教材

SMT工艺

刘 新 王万刚 主编

- 国家骨干高职院校建设成果
- 采用项目导向，任务驱动的模式组织教学内容
- 校企深度合作，教学内容符合SMT生产企业实际需求



电子课件下载网址 www.cmpedu.com



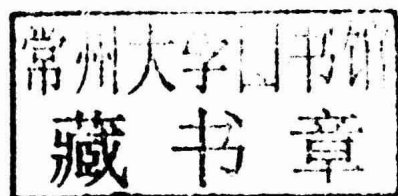
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

SMT 工艺

主 编 刘 新 王万刚

参 编 吕坤颐 王 黎



机械工业出版社

本书以满足表面组装技术 (Surface Mounted Technology, SMT) 生产企业对 SMT 岗位能力要求为目标, 以任务为驱动、项目为导向进行编写, 注重理论与实践相结合, 系统地介绍了 SMT 工艺流程, 详细介绍了 SMT 制造核心工艺流程实施方法, 具有较强的工程实践指导性。

本书主要包括: 认知 SMT 工艺及 SMT 生产线、识别及检测常用电子元器件、学会使用 SMT 工艺中的辅助材料、掌握 SMT 印刷工艺和焊膏印刷机、学会贴片胶涂敷工艺、掌握贴片设备及贴片工艺、掌握焊接设备及焊接工艺和掌握 SMT 工艺质量管理方法。

本书既可作为高等职业院校、中等职业学校电子制造专业教材, 也可作为电子制造工程专业培训教材, 以及电子制造工程技术人员的参考资料。

本书配有授课电子课件, 需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册, 审核通过后下载, 或联系编辑索取 (QQ: 1239258369, 电话: 010-88379739)。

图书在版编目 (CIP) 数据

SMT 工艺 / 刘新, 王万刚主编. —北京: 机械工业出版社, 2016.2

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-53321-4

I. ①S… II. ①刘… ②王… III. ①SMT 技术—高等职业教育—教材
IV. ①TN305

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 061524 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 王 颖

责任校对: 张艳霞 责任印制: 李 洋

三河市国英印务有限公司印刷

2016 年 5 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm×260mm · 14 印张 · 346 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-53321-4

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: (010) 88379833

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: (010) 88379649

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网: www.golden-book.com

全国高等职业教育规划教材

电子类专业编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 董维佳 俞 宁 杨元挺 任德齐
华永平 吴元凯 蒋蒙安 祖 炬 梁永生

委 员 （按姓氏笔画排序）

于宝明	尹立贤	王用伦	王树忠	王新新	任艳君
刘 松	刘 勇	华天京	吉雪峰	孙学耕	孙津平
孙 萍	朱咏梅	朱晓红	齐 虹	张静之	李菊芳
杨打生	杨国华	汪赵强	陈子聪	陈必群	陈晓文
季顺宁	罗厚军	姚建永	胡克满	钮文良	夏西泉
聂开俊	袁启昌	郭 兵	郭 勇	郭雄艺	高 健
曹 毅	章大钧	黄永定	曾晓宏	程远东	谭克清
戴红霞					

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 蔡建军

出版说明

《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》指出：到 2020 年，形成适应发展需求、产教深度融合、中职高职衔接、职业教育与普通教育相互沟通，体现终身教育理念，具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系，推进人才培养模式创新，坚持校企合作、工学结合，强化教学、学习、实训相融合的教育教学活动，推行项目教学、案例教学、工作过程导向教学等教学模式，引导社会力量参与教学过程，共同开发课程和教材等教育资源。机械工业出版社组织全国 60 余所职业院校（其中大部分是示范性院校和骨干院校）的骨干教师共同策划、编写并出版的“全国高等职业教育规划教材”系列丛书，已历经十余年的积淀和发展，今后将更加结合国家职业教育文件精神，致力于建设符合现代职业教育教学需求的教材体系，打造充分适应现代职业教育教学模式的、体现工学结合特点的新型精品化教材。

“全国高等职业教育规划教材”涵盖计算机、电子和机电三个专业，目前在销教材 300 余种，其中“十五”“十一五”“十二五”累计获奖教材 60 余种，更有 4 种获得国家级精品教材。该系列教材依托于高职高专计算机、电子、机电三个专业编委会，充分体现职业院校教学改革和课程改革的需要，其内容和质量颇受授课教师的认可。

在系列教材策划和编写的过程中，主编院校通过编委会平台充分调研相关院校的专业课程体系，认真讨论课程教学大纲，积极听取相关专家意见，并融合教学中的实践经验，吸收职业教育改革成果，寻求企业合作，针对不同的课程性质采取差异化的编写策略。其中，核心基础课程的教材在保持扎实的理论基础的同时，增加实训和习题以及相关的多媒体配套资源；实践性较强的课程则强调理论与实训紧密结合，采用理实一体的编写模式；涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法，同时重视企业参与，吸纳来自企业的真实案例。此外，根据实际教学的需要对部分课程进行了整合和优化。

归纳起来，本系列教材具有以下特点：

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度，强调专业技术应用能力的训练，适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述容易理解、清晰简洁，多用图表来表达信息；增加相关技术在生产中的应用实例，引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新，及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念，并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合，提高教学服务水平，为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快，加之我们的水平和经验有限，因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和疏漏。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息，以利于我们今后不断提高教材的出版质量，为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

2015 年 5 月，国务院发布《中国制造 2025》规划，规划指出全球制造业格局面临重大调整，新一代信息技术与制造业深度融合，正在引发影响深远的产业变革。因此，电子制造产业中的军工、航天、通信、消费、IT 等传统电子产业将得到强化发展；智能电子、汽车电子、印刷电子、半导体、智能家居、LED 等新兴电子产业快速崛起，将直接推动整个电子制造产业升级发展。中国电子制造产业的发展将直接为国内电路板和电子组装行业带来长足的增长空间，为电路板及电子组装厂商带来巨大机遇。

在新技术革命和经济社会发展的共同推动下，在“转型升级”和“两化融合”背景下，降低人工成本，增强自动化水平是制造业技术转型升级的根本要求，为 SMT 产业发展带来了强劲的需求动力。

本书按照 SMT 生产企业对 SMT 生产岗位的技能要求进行编写，注重理论与实践的结合。能力单元 1~能力单元 3 主要介绍了 SMT 工艺的基础知识；能力单元 4~能力单元 7 重点介绍了 SMT 工艺中的核心工艺，包括：焊膏印刷工艺、贴片胶涂敷工艺、贴片工艺、焊接工艺；能力单元 8 简单介绍了 SMT 工艺质量管理方法。

本书由重庆城市管理职业学院的刘新、王万刚、吕坤颐和王黎共同编写。其中，吕坤颐、王黎共同编写能力单元 1 和能力单元 5，王万刚编写能力单元 2，刘新编写本书其他内容。

重庆普天普科通信技术有限公司的刘显文和高兴明高级工程师在本书的编写过程中给出了很多的宝贵建议，在此对他们的帮助表示感谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

能力单元 1 认知 SMT 工艺及 SMT 生产线	1
任务 1 了解 SMT	1
任务 2 熟悉 SMT 工艺流程	4
子任务 1 SMT 的基本工艺流程	4
子任务 2 几种典型的 SMT 工艺	5
任务 3 了解 SMT 生产线及其生产环境	7
子任务 1 SMT 生产线的组成	7
子任务 2 SMT 的生产环境及防静电要求	8
知识拓展 中国 SMT 产业的未来发展	12
重点巩固	14
能力单元 2 识别及检测常用电子元器件	15
任务 1 了解表面组装元器件	15
任务 2 识别和检测电阻器	16
子任务 1 电阻器的分类	17
子任务 2 电阻器的参数及标识方法	20
子任务 3 可调电阻器	24
子任务 4 电阻器的检测方法	25
任务 3 识别和检测电容器	27
子任务 1 电容器的分类	27
子任务 2 电容器的参数及标识方法	31
子任务 3 电容器的检测方法	32
任务 4 识别和检测电感器	33
子任务 1 电感器的结构	33
子任务 2 电感器的分类	34
子任务 3 电感器的检测方法	37
任务 5 识别和检测常见的半导体元器件	37
子任务 1 二极管的分类及检测方法	37
子任务 2 晶体管的分类及检测	41
子任务 3 集成电路元器件的封装及方向判别	43
知识拓展 现代电子元器件的封装发展	49
重点巩固	53

能力单元3 学会使用 SMT 工艺中的辅助材料.....54

 任务1 学会使用焊接材料.....54

 子任务1 焊锡膏的使用54

 子任务2 焊锡条的使用58

 子任务3 焊锡丝的使用60

 子任务4 无铅焊接材料62

 任务2 学会使用助焊剂.....65

 子任务1 助焊剂的作用和性能要求.....65

 子任务2 助焊剂的分类及组成66

 子任务3 免清洗助焊剂68

 子任务4 助焊剂对焊接质量的影响.....70

 任务3 学会使用贴片胶.....71

 子任务1 贴片胶的组成、存储和使用工艺要求.....72

 子任务2 贴片胶的固化73

 子任务3 其他胶黏剂的使用.....74

 知识拓展 无铅焊接材料的发展75

 重点巩固76

能力单元4 掌握 SMT 印刷工艺和焊膏印刷机.....77

 任务1 掌握 SMT 焊膏印刷工艺.....77

 子任务1 丝网印刷工艺的基本原理.....77

 子任务2 SMT 焊膏印刷工艺中的几个要素78

 任务2 学会焊膏印刷机的操作83

 子任务1 焊膏印刷机的分类.....83

 子任务2 焊膏印刷机的组成.....85

 子任务3 GKG-G3 焊膏印刷机的操作88

 任务3 焊膏印刷工艺的品质管理95

 子任务1 焊膏印刷机工艺参数的控制96

 子任务2 焊膏印刷工艺过程中的质量控制98

 子任务3 焊膏印刷工艺中的常见缺陷及解决方案101

 子任务4 焊膏印刷工艺检测方法.....104

 知识拓展 新型焊膏印刷技术.....106

 重点巩固109

能力单元5 学会贴片胶涂敷工艺110

 任务1 贴片胶的涂敷.....110

 子任务1 点胶工艺111

 子任务2 胶印工艺114

 任务2 点胶机的操作.....116

 知识拓展 丝网印刷技术的革命性突破119

 重点巩固120

能力单元 6 掌握贴片设备及贴片工艺	121
任务 1 认识贴片机	121
任务 2 学会操作贴片机	125
子任务 1 贴片机的组成	125
子任务 2 贴片机的操作	133
子任务 3 SM321 贴片机编程方法	134
子任务 4 了解贴片机的离线编程	149
任务 3 掌握贴片工艺中的质量控制	150
知识拓展 主要贴片机制造商	152
重点巩固	155
能力单元 7 掌握焊接设备及焊接工艺	156
任务 1 熟悉波峰焊工艺	156
子任务 1 波峰焊机及波峰焊的工艺流程	156
子任务 2 波峰焊工艺中的质量控制	158
子任务 3 波峰焊工艺中的缺陷及解决办法	160
任务 2 掌握回流焊工艺	166
子任务 1 回流焊机的发展及组成	166
子任务 2 回流焊的工艺流程	171
子任务 3 回流焊温度曲线的设置	172
子任务 4 回流焊工艺中的缺陷及解决方法	176
子任务 5 波峰焊工艺和回流焊工艺的选择	180
子任务 6 免清洗焊接工艺	180
知识拓展 绿色电子制造	182
重点巩固	183
能力单元 8 掌握 SMT 工艺质量管理方法	184
任务 1 了解 SMT 质量检测内容	184
子任务 1 来料检测的主要内容及测试方法	185
子任务 2 SMT 工艺过程中的检测	188
任务 2 熟悉常用检测技术及返修方法	190
子任务 1 常用的检测技术	190
子任务 2 SMT 工艺中的返修	198
任务 3 熟悉 SMT 生产中的品质管理	201
子任务 1 电子产品制造中的 5S 管理	201
子任务 2 SMT 生产中的物料管理	205
子任务 3 SMT 中其他的管理措施	206
子任务 4 工艺文件的编制及管理	207
知识拓展 十大笔记本式计算机代工厂商	211
重点巩固	215
参考文献	216

能力单元 1 认知 SMT 工艺及 SMT 生产线

当前，我们正经历着一场新的技术革命，它包含了新材料、新能源、生物工程、海洋工程、航空航天技术和电子信息技术等领域，其中影响最大、渗透性最强、最具代表性的是以微电子技术为核心的电子信息技术。随着微电子技术的发展，集成电路（Integrated Circuit, IC）的制造工艺技术、设计技术和封装技术在不断发展和更新。高性能新型元器件不断出现，进而又促进了微电子技术和电子产品制造产业发生了翻天覆地的变化。

自从 20 世纪 90 年代以来，电子产品制造产业进入空前的高速发展阶段。人们希望电子产品体积小、重量轻、性能好及寿命长以满足各方面的要求。因此，促进了电子元器件向高度集成技术和高密度组装技术方向发展，前者称为微电子封装技术，后者称为表面组装技术（Surface Mounted Technology, SMT），它们是现代电子产品先进制造的重要组成部分。

【任务目标】

- 1) 了解 SMT 及其与通孔插装技术（Through Hole Technology, THT）的比较。
- 2) 掌握几种常见的 SMT 工艺流程。
- 3) 熟悉 SMT 生产线及 SMT 生产车间的环境要求。

任务 1 了解 SMT

SMT 是一种无须在印制电路板（Printed Circuit Board, PCB）上钻插装孔，直接将元器件贴、焊到印制电路板表面规定位置上的新型电子装联技术。具体地说，SMT 就是用特定的工具或设备将表面组装元器件引脚对准预先涂覆了黏结剂或焊膏的焊盘图形，再将其贴装到 PCB 表面上的指定位置，然后经过波峰焊接或回流焊接，使表面组装元器件和电路之间建立可靠的机械和电气连接，元器件和焊点均在电路板基板同侧。

当今的电子产品追求小型化、高集成度，传统的通孔插件元器件已无法缩小，电子产品所采用的集成电路已无通孔元器件，特别是大规模、高集成集成电路，不得不采用表面贴装元器件；产品批量化，生产自动化，生产厂家以低成本、高产量，生产出高品质产品，加强市场竞争力。因此，电子元器件的发展，集成电路的开发，生产自动化程度的提高，都是促进了 SMT 产业的发展。

1. SMT 的发展背景

自从 1963 年世界第一只表面贴装元器件诞生以来，SMT 已由初期主要应用在军事、航空及航天等尖端产品逐渐推广应用到计算机、通信、军事、工业自动化以及消费类电子产品等领域，被誉为电子组装技术的一次革命。美国是 SMT 的发源地，其一直重视在投资类电子产品和军事装备领域发挥 SMT 高密度和高可靠性方面的优势，具有很高的水平。

日本在 20 世纪 70 年代从美国引进 SMT，应用在消费类电子产品领域，并投入巨大的

精力对其进行开发和研究。20 世纪 80 年代中后期，其加速了 SMT 在产业电子设备领域中的全面推广应用，仅用 4 年时间使 SMT 在计算机和通信设备中的应用数量增长了近 30%，使日本很快超过了美国，在 SMT 领域处于世界领先地位。

20 世纪 80 年代中期以来，SMT 进入高速发展阶段，20 世纪 90 年代初已成为完全成熟的新一代电子组装技术，并逐步取代传统的通孔插装技术。进入 20 世纪 90 年代以来，全球采用通孔组装技术的电子产品正以每年 11% 的速率下降，而采用 SMT 的电子产品正以每年 8% 的速率递增。

中国的 SMT 的应用起步于 20 世纪 80 年代初期，最初从美、日等国成套引进 SMT 生产线用于彩色电视机的生产。随后应用于录像机、摄像机及袖珍式收音机等生产中，现在计算机、通信设备、航空航天及消费类电子产品中也广泛地应用。

进入 21 世纪以来，中国电子产品制造业加快了发展步伐，每年都以 20% 以上的速度高速增长，成为国民经济的支柱产业。随着中国电子制造业的高速发展，中国的 SMT 技术及产业也同步迅猛发展，整体规模也居世界前列。

2. 从电子元器件外形封装尺寸的演变看 SMT 的发展

SMT 的发展可以从电子元器件外形封装尺寸的演变过程来看，例如 IC 引脚中心间距已从最初的 1.27mm 缩小到 0.65mm、0.5mm、0.4mm 甚至 0.25mm。IC 封装形式从双列直插封装 (Dual In-line Package, DIP) 发展到小外形封装 (Small Outline Package, SOP)、方型扁平封装 (Quad Flat Package, QFP)、无引线片式载体 (Leadless Chip Carriers, LCC) 和球栅阵列封装 (Ball Grid Array, BGA) 等。IC 封装的演变如图 1-1 所示。

同时与元器件相匹配的印制电路板也从早期的双面板发展到可达 50 多层的多层板，板面上线宽已从 0.2~0.3mm 缩小到 0.15mm、0.10mm 甚至到 0.05mm。

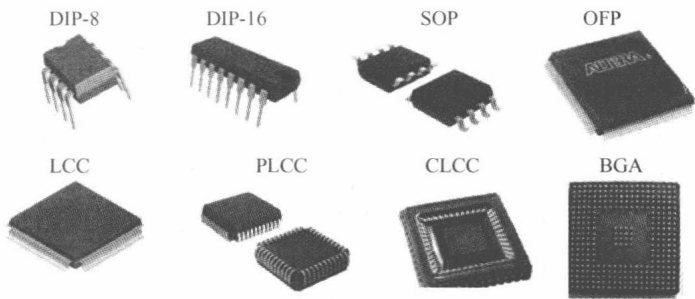


图 1-1 IC 封装的演变

3. SMT 的特点

(1) 组装密度高

表面组装元器件比传统通孔插装元器件所占面积和重量都大为减少，THT 组装与 SMT 组装密度对比如图 1-2 所示。一般来说，采用表面组装技术可使电子产品体积缩小约 60%，重量减轻约 80%。若采用芯片级封装等高集成电路封装，则其面积还可大幅度下降。如果采用通孔插装技术组装元器件，按 2.54mm 网格布置元器件，而采用表面组装技术组装元器件，其元器件布置的网格已由 1.27mm 发展到 0.4mm 网格，个别甚至达到了 0.35mm 网格安装元器件，密度更高。

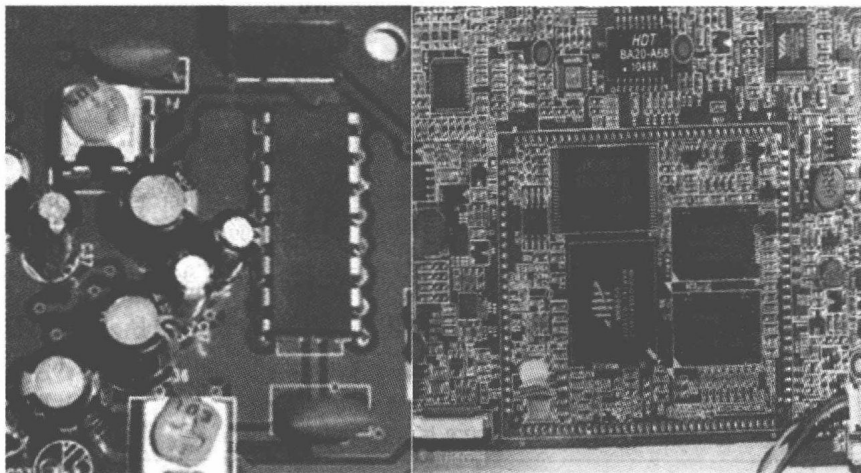


图 1-2 THT 组装与 SMT 的组装密度对比

(2) 可靠性高

由于表面组装元器件的可靠性高，器件小而轻，故抗震能力强，自动化生产程度高。通常不良焊点率小于百万分之一，比传统的通孔插装技术——波峰焊接低 1 个数量级，用 SMT 组装的电子产品平均无故障时间为 25 万小时，目前几乎 90% 的电子产品制造采用 SMT 工艺。

(3) 高频特性好

由于片式元器件贴装牢固，器件通常为无引线或短引线，降低了寄生电感和寄生电容的影响，提高了电路的高频特性。采用表面组装技术设计的电路最高频率可达 3GHz，而采用通孔元器件设计的电路最高频率仅为 500MHz。采用 SMT 也可缩短延迟时间，可用于时钟频率为 16MHz 以上的电路。若使用多芯片模块 (Multi-Chip Module, MCM) 技术，计算机工作站的高端时钟频率可达 100MHz，由寄生电抗引起的附加功耗可降低 2~3 倍。

(4) 成本降低

由于 SMT 所用的印制电路板无须在印制电路板表面进行大面积的钻孔，印制电路板上钻孔数量减少，PCB 的制造问题就大幅减少，节约了返修的费用；同时提高了电路的频率特性，减少了电路调试费用；并且由于片式元器件体积小、重量轻，减少了包装、运输和储存费用，更重要的是片式元器件发展迅速，其价格相对插装类元器件便宜，例如一个片式电阻已比通孔插装类电阻价格还低，约合一只 0.008 元人民币。

(5) 便于自动化生产

目前通孔插装印制电路板要实现完全自动化，需在原印制电路板面积的基础上增加 40%，这样才能使自动插件的插件头将元器件插入，若插件孔没有足够的空间空隙，将碰坏元器件。而自动贴片机采用真空吸嘴吸放元器件，真空吸嘴小于元器件外形，可提高安装密度。事实上，小型元器件及细间距 QFP 元器件均可采用自动贴片机进行生产，可以实现全自动化生产。

当然，SMT 在生产中也存在一些问题，如：元器件过小，导致其上的标称数值看不清，返修工作困难；维修调换元器件困难，并需专用工具；元器件与印制电路板之间热膨胀系数一致性差。随着专用拆装设备的出现，以及新型低膨胀系数印制电路板的出现，这些问

题均已不再成为 SMT 发展的障碍。

4. SMT 与 THT 的比较

电子装联技术的发展随元器件封装形式的发展而发展，俗话说，一代元器件，一代组装工艺。由于 SMT 中采用“无引线或短引线”的元器件，故从组装工艺角度分析，SMT 与 THT 的主要区别：一是所用元器件、PCB 的外形不完全相同，前者是“贴装”，即将元器件贴装在 PCB 焊盘表面，而后者则是“插装”，即将长引脚元器件插入 PCB 焊盘孔内。二是前者是预先将焊料——焊膏涂覆在焊盘上，贴装元器件后依次加热而完成焊接过程，而后者是通过波峰焊机利用熔融的焊料流，实现焊料的施加与焊接。表 1-1 所示为 THT 与 SMT 的比较。

表 1-1 THT 与 SMT 的比较

类别	THT	SMT
元器件	有引线电阻、有引线电容、双列直插封装、插针网格阵列封装	片式电阻、片式电容、小外形封装、方型扁平封装和球栅阵列封装等
基板	印制电路板，引脚中心间距为 2.54mm	印制电路板，引脚中心间距可达到 0.25mm
焊接方法	多数使用波峰焊	多数使用回流焊
面积	大	小
组装方法	通孔插装	表面贴装
自动化程度	自动插装机	自动贴片机，生产效率高

虽说 SMT 在电子装联技术中的重要性和优越性显而易见，但是对于很多电子产品来讲其组装技术仍然离不开 THT。例如我们在广场、商店门口及火车站等地方经常可以看到的 LED（Light Emitting Diode，发光二极管）大屏幕。在户外的 LED 屏幕首先要考虑的就是防水，因为天气原因，无论下雨，还是下雪，一旦水进入屏幕内部就会引起短路，轻则烧毁产品，重则引起火灾。采用 SMT 工艺，屏幕要做到防水难度较大，成本也要成倍增加，因此很少见到用 SMT 工艺的屏幕。但采用 THT 工艺的产品要做到这些就很容易，成本也不会高出多少。单从 LED 大屏幕显示这个行业来看，至少在未来 50 年里 THT 并不会被 SMT 所取代。

任务 2 熟悉 SMT 工艺流程

不同的电子产品其组装密度不同，其组装方式也不同，因此掌握不同类型的组装工艺是非常必要的。

子任务 1 SMT 的基本工艺流程

SMT 工艺根据实际需要采用的组装工艺流程会有所不同，但其基本工艺流程、作用及设备如下。

工艺流程：丝印（或点胶）→贴装→回流焊接（固化）/波峰焊接→检测→返修→清洗。

丝印：将焊膏或贴片胶漏印到 PCB 的焊盘或元器件安装位置中心上，为元器件的焊接做准备。所用设备为丝印机或印刷机，位于 SMT 生产线的最前端。

点胶：将贴片胶滴到 PCB 的固定位置上，其主要作用是将元器件固定到 PCB 上。所用设备为点胶机，位于 SMT 生产线的最前端或检测设备的后面。

贴装：将表面组装元器件准确安装到 PCB 的固定位置上。所用设备为贴片机，位于 SMT 生产线中丝印机的后面。

固化：将贴片胶熔化，从而使表面组装元器件与 PCB 牢固黏结在一起。所用设备为固化炉或回流焊炉，位于 SMT 生产线中贴片机的后面。

回流焊接：将焊膏熔化，使表面组装元器件与 PCB 牢固连接在一起。所用设备为回流焊炉，位于 SMT 生产线中贴片机的后面。

波峰焊接：现在大部分的电路板上除表面贴装元器件外还有通孔插装元器件，需用波峰焊焊接通孔插装元器件，所用设备为波峰焊机。

清洗：将组装好的 PCB 上面的对印制电路板有害的焊接残留物，如助焊剂等除去。所用设备为清洗机，位置可以不固定。

检测：对组装好的 PCB 进行焊接质量和装配质量的检测。所用设备有放大镜、显微镜、在线测试仪（In Circuit Test, ICT）、飞针测试仪、自动光学检测（Automatic Optic Inspection, AOI）、X-RAY 检测系统以及功能测试仪等。位置根据检测的需要，可以配置在生产线合适的地方。

返修：对检测出现故障的 PCB 进行返工。所用工具为烙铁、返修工作站等。配置在生产线中任意位置。

子任务 2 几种典型的 SMT 工艺

采用表面组装技术完成组装的印制电路板组装件称为表面组装组件（Surface Mount Assembly, SMA）。由于对 SMA 的高密度、多功能和高可靠性有不同的要求。所以通常意义上的表面组装组件往往是插装元器件和贴片元器件都有，其选用的组装方式及工艺流程主要取决于印制电路板的复杂程度和组装的设备条件。表面组装的工艺方式主要有如下几种类型。

1. 单面组装工艺

单面组装工艺流程：来料检测→丝印焊膏（点贴片胶）→贴片→烘干（固化）→回流焊接/波峰焊接→清洗→检测→返修，单面组装工艺流程图如图 1-3 所示。

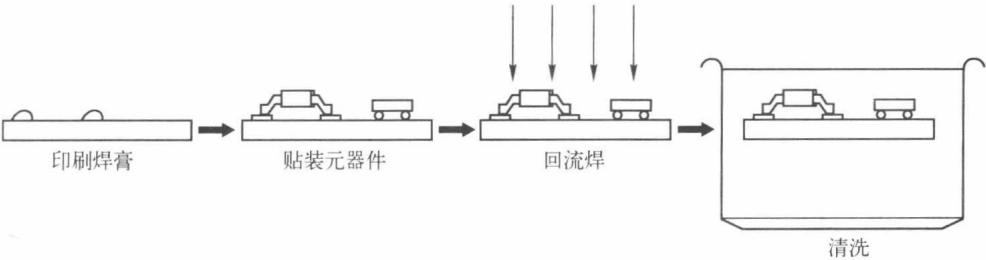


图 1-3 单面组装工艺流程图

2. 双面组装工艺

双面组装工艺主要有以下两种工艺。

1) 来料检测→PCB 的 A 面印刷焊膏→贴片→A 面回流焊接→翻板→PCB 的 B 面丝印焊膏→贴片→回流焊接→清洗→检测→返修，双面组装工艺流程图如图 1-4 所示。

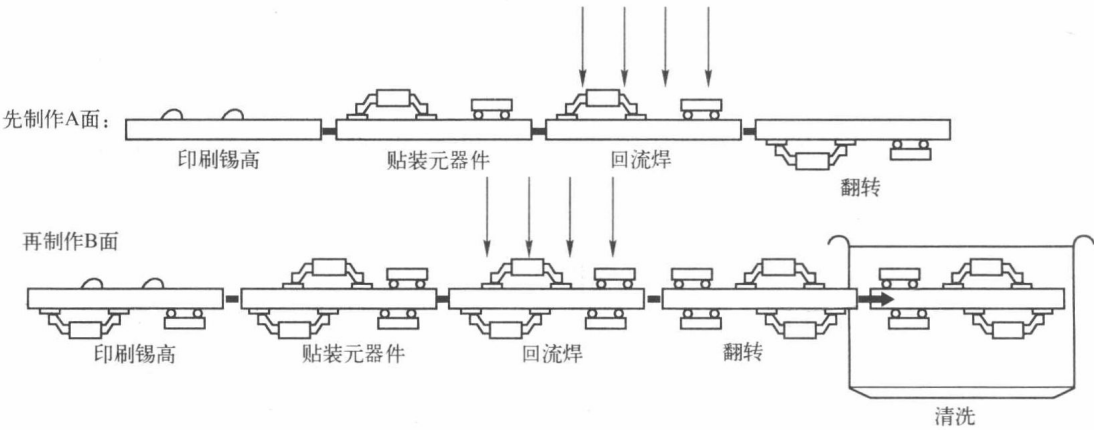


图 1-4 双面组装工艺流程图

此工艺适用于在 PCB 的 B 面为较大的表面贴装器件（Surface Mounted Devices, SMD, A 面为小型 SMC（Surface Mounted Component, 表面贴装元件）/SMD 时采用，采用此工艺时，印制电路板正反面需要采用不同熔点的焊膏。

2) 来料检测→PCB 的 A 面丝印焊膏→贴片→A 面回流焊接→清洗→翻板→PCB 的 B 面点贴片胶→贴片→固化→B 面波峰焊→清洗→检测→返修。

此工艺在 PCB 的 A 面采用回流焊接，B 面采用波峰焊接。在 PCB 的 B 面组装的 SMD 中，只有 SOT（Small Out-line Transistor, 小外形晶体管）或 SOIC（Small Out-line Integrated Circuit, 小外形集成电路）28 引脚以下时，可以采用此工艺。

3. 单面混装工艺

表面组装元件和有引线元件混合使用，印制电路板是单面板。

单面混装工艺流程为：来料检测→PCB 的 B 面点贴片胶→贴片→固化→翻板→PCB 的 A 面插件→波峰焊→清洗→检测→返修，单面混装工艺流程如图 1-5 所示。

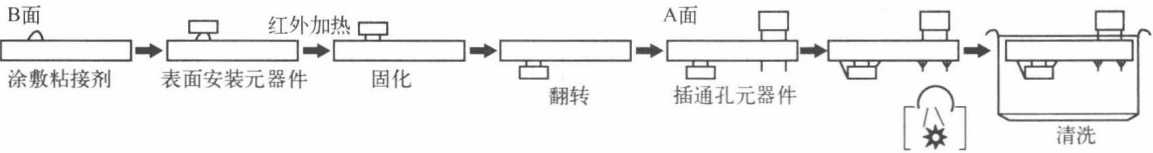


图 1-5 单面混装工艺流程图

4. 双面混装工艺

表面组装元件和通孔插装元件混合使用，印制电路板是双面板。

双面混装工艺流程为：来料检测→PCB 的 A 面丝印焊膏→贴片→A 面回流焊接→翻板→PCB 的 B 面点贴片胶→贴片→固化→翻板→PCB 的 A 面插件→波峰焊→清洗→检测→返修，双面混装工艺流程图如图 1-6 所示。

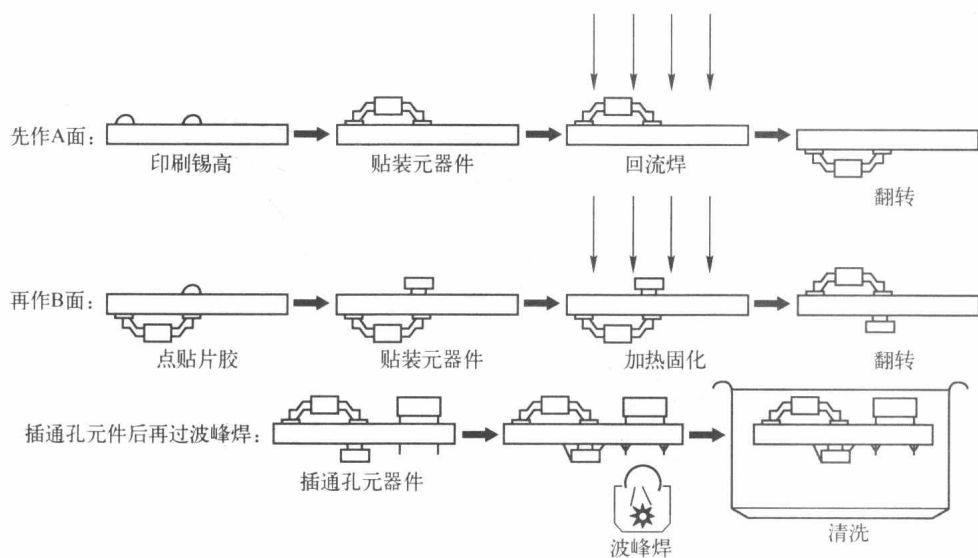


图 1-6 双面混装工艺流程图

任务 3 了解 SMT 生产线及其生产环境

子任务 1 SMT 生产线的组成

一条通用 SMT 生产线通常包括一台高速贴片机和一台高精度多功能贴片机。前者主要贴装片状元器件，而后者主要贴装 IC 和异形元器件。

虽然高速贴片机的贴装速度很快，但是其贴装元器件种类有限，所以当碰上元器件种类数量较多时就会出现生产效率的瓶颈，解决办法之一是增加一台高精度、多功能的贴片机，能够贴装包括细间距元器件在内的绝大多数元器件。为了获得更大生产效益，很多企业会在生产线上配置多台贴片机。

进行 SMT 生产所需要用到的工艺步骤繁多，因而其所使用的设备种类及型号也非常多。通常 SMT 生产线按其自动化程度分为：手动生产线、半自动生产线和全自动生产线。一般只有在科研机构或者制作样品时才用手动及半自动生产线。在企业里面都通常都是采用全自动生产线。

通常 SMT 生产线设备主要由全自动印刷机、贴片机和回流焊炉等组成。一条完整的 SMT 全自动生产线设备如图 1-7 所示。各设备的主要作用如下。

上板机：用于装载并且传送 PCB，将 PCB 送到下一个工序。

印刷机：印刷机的主要作用是印刷焊膏，将焊膏或贴片胶漏印到印制电路板 PCB 的焊盘上，为元器件的焊接做准备。

贴片机：将元器件准确贴放在印刷后的 PCB 表面相应位置。

回流焊炉：完成回流焊焊接。将焊膏熔化，使表面组装元器件与 PCB 牢固地黏结在一起。

检测仪器：对组装好的 PCB 进行焊接质量和装配质量的检测。

返修台：对检测出现故障的 PCB 进行返工。

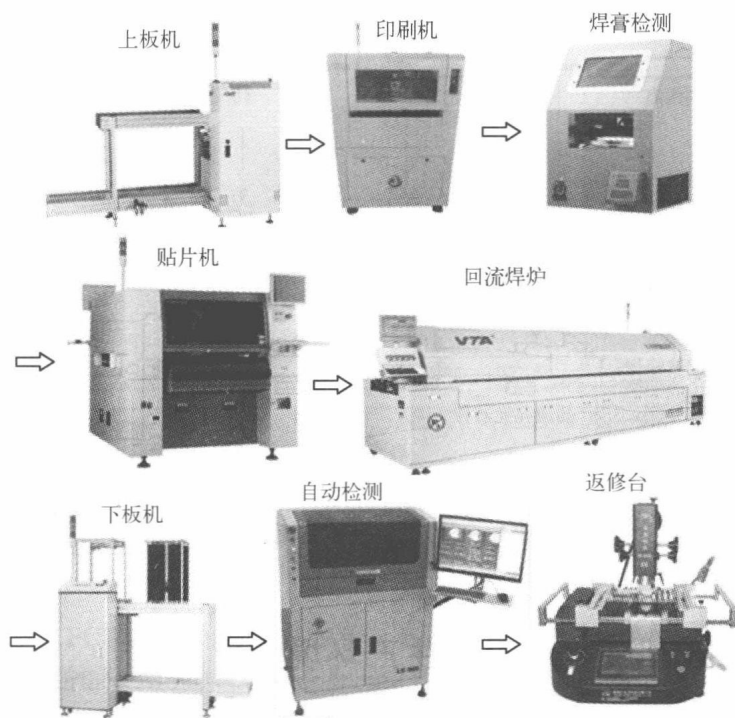


图 1-7 一条完整的 SMT 全自动生产线设备

子任务 2 SMT 的生产环境及防静电要求

1. SMT 生产环境要求

由于 SMT 的电子产品其片式元器件的尺寸非常小，组装密度非常高，各焊盘之间的间距非常小。另外 SMT 的生产辅助材料焊膏或贴片胶的黏性和触变性等性能与环境温度、湿度都有密切的关系。因此，SMT 生产车间的电、气、通风、环境温度、空气湿度、防尘度及静电防护等环境因素有专门的要求。

(1) 温度

对于 SMT 车间来讲，其环境温度要求为 $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$ 为最佳。但是在生产车间并非一个全封闭空间，所以通常工厂温度一般设定为 $17 \sim 28^\circ\text{C}$ 。如果达不到，也不能超过极限温度 $15 \sim 35^\circ\text{C}$ 。

(2) 湿度

车间内湿度对产品品质影响很大。湿度太高，元器件容易吸潮，对潮湿敏感元器件不利，同时焊膏暴露在潮湿的空气中也容易吸潮，造成焊接缺陷。湿度太低，空气干燥，容易产生静电，对静电敏感元器件不利。所以一般要求车间内空气湿度保持在 $45\% \sim 80\% \text{RH}$ 。

(3) 空气清洁度

生产车间如果灰尘很多，对于微小元器件，如 0201、01005 以及细间距 (0.3mm) 元器件的贴装和焊接产生质量影响，同时加大设备磨损，甚至设备故障，增加设备维护工作量。此外，在 SMT 车间空气中除了灰尘外，还存在一定的化学气体，如果这些化学气体是有毒